Etude et réalisation d'un banc d'essai pour un chauffe-eau solaire à circulation forcée dans la région des Hauts Plateaux

F. Yettou[1*], A. Gama[1], C. Hamouda[2] et A. Malek[3]

[1] Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
B.P. 88, ZI Gart Taam, Ghardaïa, Algérie
[2] Unité de Recherche, Université de Batna,
Route Boukhlouf Med El Hadi, Batna, Algérie
[3] Centre de Développement des Energies Renouvelables,
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie

(reçu le 20 Décembre 2007 - accepté le 30 Mars 2008)

Résumé - *En premier lieu, nous rappellerons les potentialités dont l'Algérie dispose en énergie solaire et nous donnerons un aperçu sur l'état de l'art des chauffe-eau solaires actuels. Ensuite, nous présentons l'ensemble de la chaîne de mesure devant être utilisé pour la réalisation d'un banc d'essai-test chauffe-eau, avec les divers dispositifs et capteurs mis à notre disposition pour ces expérimentations, et en signifiant précisément la notion de l'acquisition de données et l'instrument utilisé à cet effet. Dans cet article, nous décrirons le fonctionnement de notre système, ainsi que la carte électronique conçue pour la commande. Un aperçu du logiciel élaboré et développé pour la gestion de l'ensemble est donné. Des résultats obtenus sur des tests expérimentaux du système de chauffage de l'eau par énergie solaire seront discutés.*

Abstract - *First we speak about potentialities of Algeria in solar energy and we give a short view about the current heating solar water, then we present the measuring equipment and sensors which us used, after we will approach the concept of data acquisition and the instrument used for that. We describe also the functioning principle of our system and we give some informations about the carried out card, and we give the control program. Finally we will give some results of several parameters about the system.*

Mots clés: Chauffe-eau solaire - Capteur plan - Techniques de régulation – Acquisition de données.

1. INTRODUCTION

Le développement et l'expansion industrielle, ainsi que l'augmentation rapide de la population ont entraîné un accroissement important de la demande énergétique. Pour la satisfaire, à long terme, l'utilisation des sources d'énergie d'origine fossile conduira d'une part à une surexploitation de ces ressources et à une dégradation de l'environnement, d'autre part. L'utilisation de source d'énergie non nuisible à l'environnement, comme l'énergie solaire est nécessaire et indispensable dans certains cas. Cette source d'énergie est utilisée de manières différentes, par exemple: dans les systèmes thermiques (chauffe-eau solaires) pour la production d'eau chaude, domaine où elle connaît un développement considérable particulièrement dans le secteur de l'habitat.

La régulation de la température dans les systèmes de chauffe-eau solaires occupe une fonction déterminante [1]. En effet, la gestion de ce paramètre est fonction de plusieurs éléments:
- les besoins de l'utilisateur en quantité d'eau chaude;
- la température de l'eau chaude;
- les conditions climatiques locales;
- les performances du système à capteurs plans.

Les techniques de contrôle et de régulation de température ont fait des progrès, depuis la technique conventionnelle des relais électromécaniques à celle de l'électronique et des unités

* youlissa_irma@yahoo.fr

programmables. Actuellement, on utilise des systèmes de régulation pilotés à partir des microcontrôleurs ou unité de commande dans la majorité des procédés de contrôles, notamment ceux de températures, l'intérêt de ces systèmes réside; de manière générale, dans leurs contributions à la production de qualité avec un coût réduit.

2. POTENTIALITES

Avec une superficie de 2.381.741 km^2, l'Algérie est le pays le plus vaste du côté de la méditerranée. Les études actuelles montrent que l'Algérie offre des potentialités intéressantes [2], à moyen et à long terme, pour investir dans de nombreux projets et de programmes pour la production d'énergie électrique issue des énergies renouvelables, principalement l'énergie solaire. En effet, l'Algérie est l'un des pays de la méditerranée qui dispose d'un potentiel énergétique solaire très élevé. Selon les données d'ensoleillement, l'Algérie est comptée parmi les pays les plus ensoleillés dans le monde. Le potentiel des ressources solaires de ce pays est optimal pour l'exécution des projets solaires.

3. ELEMENTS DU CHAUFFE EAU SOLAIRE ET NORMES D'ESSAIS

Actuellement, il existe deux types de chauffe-eau solaires bien abondant sur le marché: le chauffe-eau à circulation forcée et le monobloc. Il faut noter qu'un chauffe-eau solaire ne peut pas fournir de l'eau chaude en cas de faible ensoleillement, dans ce cas, il faut se servir d'un chauffage d'appoint utilisant une source d'énergie conventionnelle, [3].

3.1 Le chauffe-eau solaire monobloc (thermosiphon)

Thermosiphon veut dire que la circulation de la chaleur passe des capteurs au ballon naturellement sans pompe ou autre dispositif, grâce à la différence de température. Pour ce faire, le ballon doit impérativement être placé plus haut que les capteurs, (Fig.1).

Les capteurs et le ballon sont assemblés en un seul composant, l'installation est simple, le fonctionnement est autonome**,** Les inconvénients sont les pertes thermiques importantes et son intégration architecturale difficile [4]. Ce type de système est utilisé pour la production d'eau chaude pour des maisons individuelles situées souvent en milieu rural.

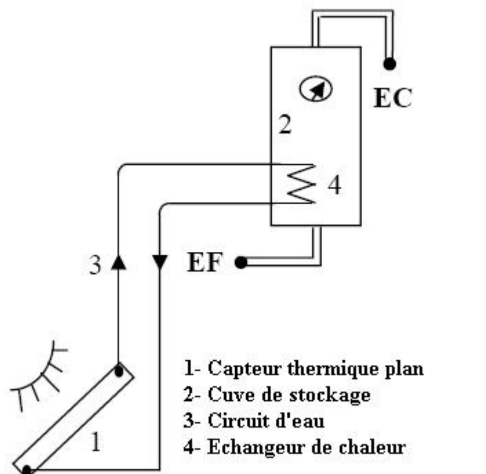


Fig. 1: Chauffe eau solaire monobloc (thermosiphon)

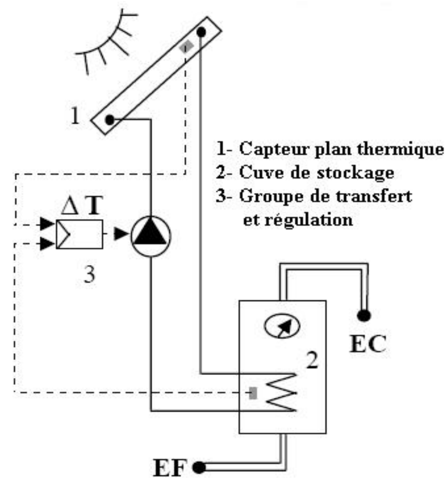


Fig. 2: Chauffe eau solaire à circulation forcée

3.2 Le chauffe-eau solaire à circulation forcée

Ce type de chauffe-eau solaire est adapté à toutes les différentes configurations. Ainsi, le ballon peut être installé dans une cave ou éloigné des capteurs [4]. Ce type de chauffe-eau solaire est généralement; (Fig. 2), constitué de trois parties: le capteur plan solaire (1), la cuve de stockage (2), le groupe de transfert et régulation (3).

3.2.1 Le capteur plan

Le rôle du capteur solaire est d'absorber un maximum d'énergie solaire avec le moins de pertes possibles, puis de faire passer cette chaleur dans l'eau de circulation, appelée aussi fluide caloporteur, qui chauffera, grâce à un circuit secondaire, l'eau sanitaire. Les capteurs plans thermiques peuvent être fixés sur un toit, inclinés afin de recevoir le maximum de rayonnement solaire au mieux (Fig. 3). Il existe plusieurs types de capteurs plans, tels que: le capteur sous vide, le capteur plan vitré, le capteur avec double vitrage et le capteur sans vitrage.



Fig. 3: Vue des capteurs plans utilisés

3.2.2 L'unité de stockage

Appelé réservoir ou ballon de stockage solaire, ce dernier bien isolé, maintient l'eau en température jusqu'à ce qu'elle soit utilisée. Le transfert de chaleur est réalisé par un échangeur monté à l'intérieur du ballon.

3.2.3 Le groupe de transfert

Il est composé de tous les éléments nécessaires (pompe, capteurs de température, système de régulation) pour transférer la chaleur des capteurs vers l'unité de stockage.

3.2.4 Les normes d'essais

Aux débuts des années 80, les pays européens étaient confrontés à une grande diversité de normes et procédures de test des chauffe-eau solaires. Depuis, des actions de coordination ont été menées par ces pays pour unifier ces procédures. Le résultat est l'élaboration d'un ensemble de normes [5] pour tester aussi bien le système que les différentes parties qui le constituent. Pour la réalisation de ce banc de test de système de chauffe eau solaire (Fig. 4), nous avons appliqué la méthode stationnaire [6].

4. DISPOSITIFS ET CAPTEURS DE MESURES

Pour ce banc d'essai-test du chauffe-eau, on utilise divers capteurs et dispositifs pour effectuer les mesures, soit des thermocouples pour mesurer des températures, un pyranomètre

pour mesurer le rayonnement solaire et un débitmètre pour calculer la quantité d'eau chaude produite par le système.



Fig. 4: Vue du banc d'essai-test réalisé à l'Université de Batna

4.1 Schéma bloc de la chaîne de mesure

La chaîne de mesure (Fig. 5) du système banc d'essai-test développé et réalisé est composée des éléments suivants:

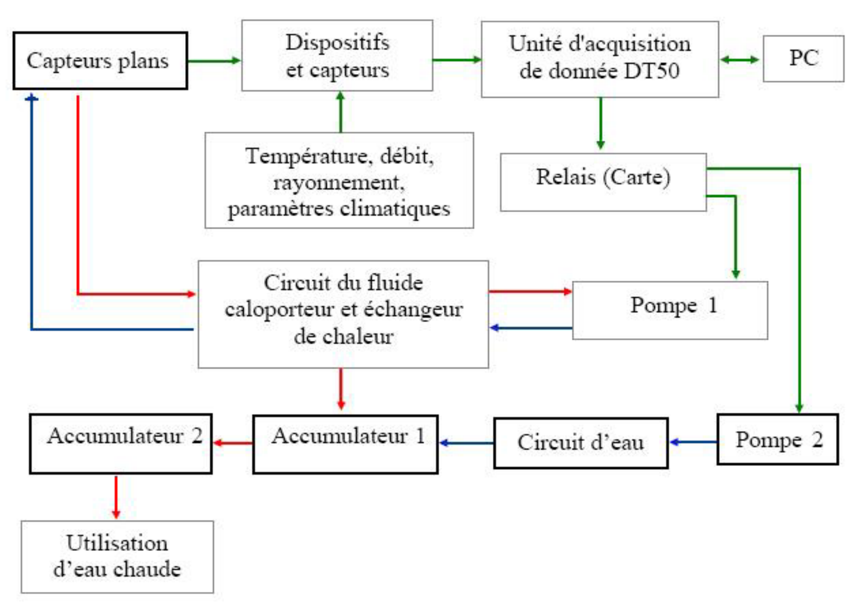


Fig. 5: Schéma bloc de la chaîne de mesure

4.2 Mesure de température

On a utilisé une PT100 [7] pour la mesure de la température ambiante, et pour les mesures des températures au niveau du réservoir et à la sortie des capteurs plans, des thermocouples ont été utilisés, après avoir effectué leur calibrage avant toute utilisation.

4.3 Mesure du rayonnement

La mesure du rayonnement nécessite deux appareils, un pyranomètre ordinaire Kipp & Zonen 'CM11' (Fig. 6), placé avec les capteurs plans et connecté à un intégrateur solaire (Fig. 7).



Fig. 6: Vue du pyranomètre utilisé CM11



Fig.7: Vue de l'intégrateur solaire utilisé

4.4 Mesure du débit

Pour calculer la quantité d'eau produite durant le fonctionnement de l'installation, on a utilisé un débitmètre électromagnétique [8] (Fig. 8), instrument parfaitement adapté à la mesure du débit pour tous les liquides.

4.5 Mesure des paramètres climatiques

Une station météorologique (Fig. 9), dénommée 'MWS9' a été utilisée pour la mesure des paramètres météorologiques [9]. Cette station permet de mesurer et de visualiser les paramètres climatiques, les plus importants, tels que la température, l'humidité, la pression de l'air ambiant, la direction et la vitesse du vent et la pluviométrie.

4.6 Unité d'acquisition de données

Afin d'assurer l'acquisition et le stockage des valeurs des paramètres issus des capteurs de mesure, une unité d'acquisition de données (Fig. 10), dénommée la 'DT50' [10] a été utilisée. Elle se compose de dix entrées analogiques-numériques et de cinq sorties. Elle possède également une interface de communication avec le micro PC, à travers son port série RS232 [7]. Son programme de gestion (DeLogger) comprend une série de chaînes de commandes spécifiques à l'appareil.

4.7 Carte électronique de commande

La figure 11 représente une vue de la carte électronique élaborée et réalisé pour la commande de la pompe de circulation du fluide caloporteur [11]. Elle contient un ensemble de composants électroniques, tels que des transistors, des diodes et des relais [12] qui permettent d'enclencher ou de déclancher la pompe au moment voulu et cela en utilisant des signaux envoyés par l'unité d'acquisition DT50.



Fig. 8: Vue du débitmètre utilisé



Fig. 9: Vue de la station météorologique MWS9

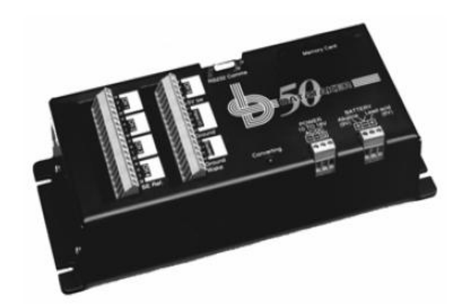


Fig. 10: Unité d'acquisition de données DT50

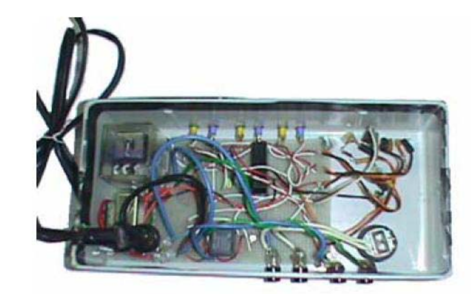


Fig. 11: Vue de la carte électronique réalisée

5. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

Le banc d'essai-test réalisé est constitué d'un système de production d'eau chaude d'origine solaire, utilisant des capteurs plans thermiques et des cuves de stockage, ainsi qu'un système de régulation. Le principe de fonctionnement de l'ensemble est le suivant:

Le fluide caloporteur, mélangé à de l'antigel (contre le gel en hiver) circule dans le capteur plan et reçoit la chaleur de l'absorbeur et la conduit vers l'échangeur qui est situé à l'intérieur de la cuve de stockage. La circulation de ce fluide est assurée par une pompe dont le fonctionnement est contrôlé par un programme de commande que l'on a élaboré, et associé à une carte électronique également conçue spécialement pour cette application.

Un capteur mesure la température de l'eau T_1 à la sortie du capteur plan, un autre capteur mesure la température de l'eau T_2 à l'intérieur du réservoir. Les deux températures sont stockées et sauvegardées sur le micro-ordinateur.

Ces données sont alors traitées au niveau du programme informatique élaboré. Ce dernier établit la différence entre ces deux températures et la compare à une valeur (ΔT) choisie par l'utilisateur.

Dès que cette différence est supérieure à ce ΔT, le micro-ordinateur émettra une commande bien déterminée à l'unité d'acquisition pour activer la pompe à travers la carte électronique et cela se fait par l'envoi d'une commande spécifique à partir du logiciel, et tant que la différence entre les deux températures est plus grande que l'intervalle fixé, la circulation du fluide caloporteur continuera et l'échange de chaleur s'effectuera jusqu'à ce que l'eau dans le réservoir ne soit plus froide, c'est-à-dire la différence entre les deux températures est inférieure au ΔT, le PC commandera alors l'unité DT50 qui émettrait un signal pour arrêter la pompe et le cycle se poursuit ainsi de suite.

On aurait alors besoin d'une seconde pompe qui serait activée de temps à autre, lorsque l'eau dans le premier réservoir n'est plus froide. L'eau récupérée dans le second réservoir ou cumulus est prête pour être utilisée pour diverses applications.

6. REGULATION ASSISTEE PAR MICRO-ORDINATEUR

La régulation de température occupe une fonction importante dans les processus industriels [13], notamment ceux pour la production de la chaleur solaire. Il existe cependant plusieurs techniques de régulation, telles que: la régulation traditionnelle à l'aide des régulateurs, des relais analogiques et la régulation moderne basée sur un microcontrôleur ou un micro-ordinateur.

Ce dernier a fait l'objet de notre régulation; utilisant un logiciel gérant le banc d'essai-test.

La figure 12 représente le schéma synoptique de l'ensemble réalisé et contrôlé.

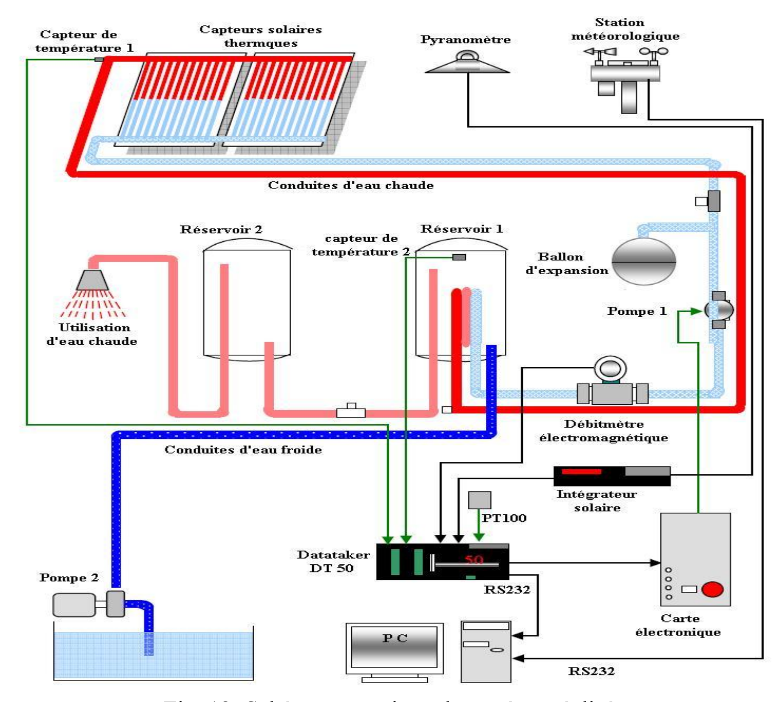


Fig. 12: Schéma synoptique du système réalisé

6.1 Organigramme général de la partie régulation

La figure 13 donne une présentation de la structure de l'organigramme élaboré pour la partie régulation de l'installation.

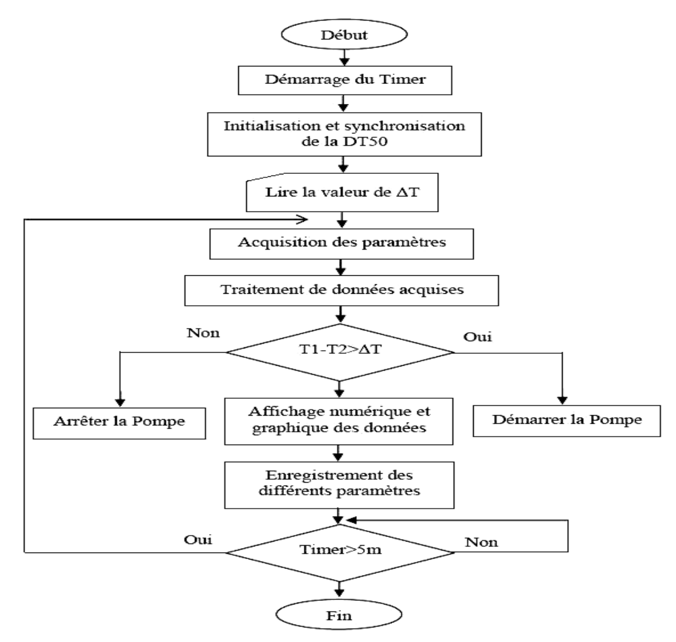


Fig. 13: Organigramme de régulation du logiciel réalisé

6.2 Programme de commande

Après avoir monté les divers éléments du système, il a été élaboré un programme ‘CPRégulation’, écrit en langage Visuel-Basic [14]. Le programme spécialement développé et conçu pour cette application, permet la régulation du fonctionnement du système durant la journée, assurant ainsi une production permanente d’eau chaude, tout en minimisant la consommation de la pompe.

Pour cela, l’acquisition de plusieurs paramètres est nécessaire, et cela par l’intermédiaire de l’unité d’acquisition DT50 communiquant avec le PC à travers le port série RS232. La fenêtre principale (Fig. 14) permet de visualiser parfaitement et en temps réel les paramètres collectés du banc d’essai-test, températures, rayonnement, débit d’eau, ainsi que l’état actuel de fonctionnement des pompes (marche ou arrêt).

Ces données peuvent être enregistrées sur un fichier et consultées à tout moment. Le programme contient également un système de protection et de détection de divers problèmes apparaissant au cours du fonctionnement de l’installation.

Il faut noter que le système est également fonctionnel, même après une déconnexion du logiciel et cela à partir de l’unité d’acquisition qui prend la relève. En effet, du fait qu’elle fait partie des automates programmables, elle peut très bien assurer le bon fonctionnement du système.

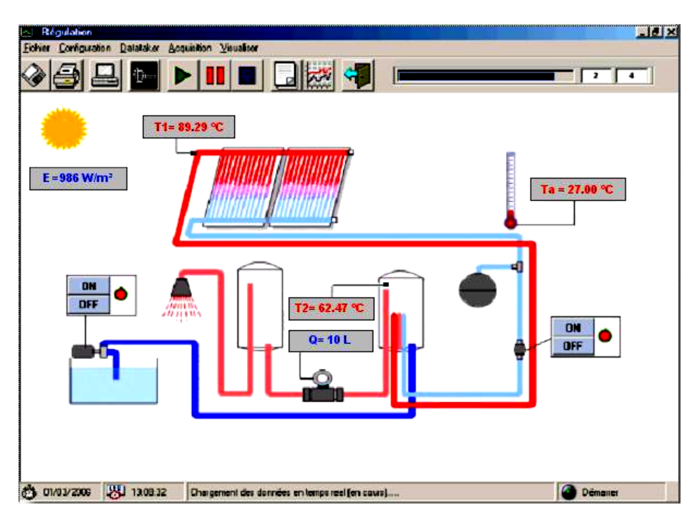


Fig. 14: Fenêtre principale du logiciel réalisé

7. EXPERIMENTATION ET RESULTATS

Les tests ont été effectués le 27 Juin de 8h00 à 19h00, un jour d’éclairement moyen, (Fig. 15). Les données sont relevées toutes les 5 minutes, et l’intervalle de régulation ΔT est fixé à 20 °C.

On constate que le fonctionnement de la pompe ① présente une discontinuité en fonction de l’éclairement ②**.** Alors que la température de l’eau présente une continuité, ce qui montre que le système régule convenablement en maintenant la température de l’eau la plus constante possible et cela en fonction de l’éclairement et de la température ambiante ⑤.

Tandis pour la journée suivante, le 28 Juin, journée claire, rayonnement important, l’intervalle ΔT de régulation toujours fixé à 20 °C (Fig. 16). Contrairement aux tests précédents, on constate dans ce cas, un fonctionnement continu de la pompe ① sur une longue période, et le rayonnement présente une continuité, sans perturbations. Comme on peut remarquer sur ce diagramme la différence entre les profils des deux températures T_1 ④ et T_2 ③, le ΔT obtenu est de l’ordre de

20 °C en moyenne, avec des différences relativement importantes sur des périodes où le rayonnement est intense (période estivale), c'est-à-dire entre 10h30 et 16h30.

Les tests effectués le 30 Juin, sous la condition d'un $\Delta T = 10$ °C, (Fig. 17), les conditions de fonctionnement sont presque identiques à ceux de la journée du 28 Juin, journée claire, et un fort rayonnement solaire. On remarque que le fait de réduire ΔT de 20 à 10 °C, et que l'effet, relativement élevé de la température, la pompe de circulation fonctionne presque sans interruption.

La température de l'eau, au niveau du stockage est maintenue à une valeur élevée, soit 60 °C. Cependant pour atteindre cette valeur, une durée important est nécessaire, soit de 10h00 à 13h00, pour chauffer l'eau contenue dans la cuve.

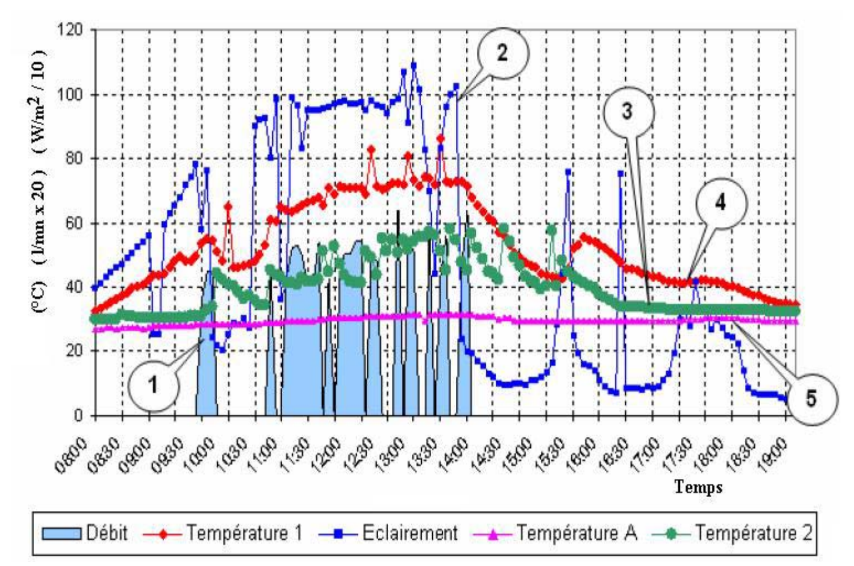


Fig. 15: Tests du 27 juin (jour d'éclairement moyen)

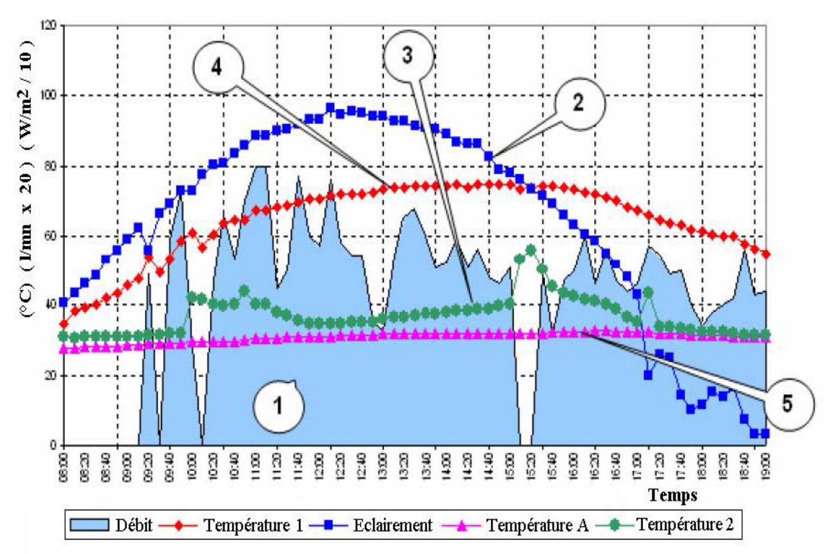


Fig. 16: Tests du 28 juin (jour clair)

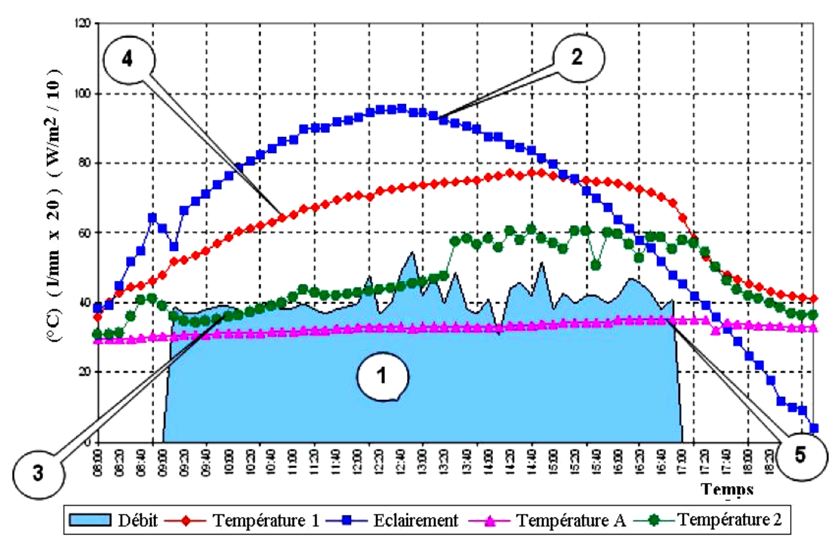


Fig. 17: Tests du 30 juin (jour clair)

8. CONCLUSION

Dans le cadre de ce travail, on s'est proposé d'effectuer l'étude et la réalisation pratique d'un système de régulation de la température d'un chauffe-eau solaire. On a installé et monté l'ensemble des éléments du système, et on a réalisé la carte électronique de commande pour assister l'unité d'acquisition.

L'ensemble est géré par ordinateur utilisant un logiciel qui a été élaboré. Les tests effectués pour vérifier aussi bien le fonctionnement de l'ensemble des équipements et la fiabilité de ce logiciel de régulation, montrent que le programme de travail défini initialement a été entièrement réalisé dans son ensemble. Les résultats obtenus sont satisfaisants et appréciables. Il faut noter que ce travail, banc d'essai-test instrumenté et expérimentation pour la production d'eau chaude sanitaire, a été entièrement entrepris à l'Unité de Recherche de l'Université de Batna.

REFERENCES

[1] Site Internet: http://www.tecsol.fr

[2] J.M. Chasseriau, '*Conversion Thermique du Rayonnement Solaire*', Dunod, France, 273 pages, 1984.

[3] Site Internet: http://www.ademe.fr

[4] Site Internet: http:// www.outilssolaires.com / - 5k - 21 nov 2002.

[5] M. Berdai *et al.*, '*Elaboration de Normes et Spécifications Techniques Concernant les Systèmes Solaires Thermiques pour la Production d'Eau Chaude Sanitaire au Maroc*', FIER 2002, Tétouan-Maroc.

[6] S. Fischer and E. Hahne, '*Thermische Prufung von Sonnenkollektoren nach CEN-Norm*', ITW Uni-Stuttgart.

[7] G. Asch, '*Acquisition de Données, du Capteur à l'Ordinateur*', Dunod, France, 515 pages, 2003.

[8] Document, '*Débitmètre Electromagnétique - Notice Technique*', DMQD005-F, Fichier et Porter.

[9] Document, '*Manuel d'Utilisation, Station Météorologique MSW9*'.

[10] Site Internet: http://www.Datataker.com/serie.htm

[11] Site Internet: http://www.steca.com

[12] A. Louchene, '*Les Circuits à Diodes et à Transistors*', Cours d'Ingénieurs, Université de Batna, 1999.

[13] H. Recknagel, E. Sprenger and E.R. Schramek, '*Manuel Pratique du Génie Climatique*', Pyc Edition.

[14] Site Internet : http://www.microsoft.com/VBasic